УДК 624.139

В.А.Кузьмин, С.Н. Богачев, С.А. Малинкин, В.А.Тимаков

Радиационно-модифицированные полиолефиновые покрытия ОСПТ «RELINE» свайных фундаментов для снижения действия касательных сил морозного пучения грунтов в информационно модели

Аннотация: *Исследована эффективность применения термоусаживаемых, радиационно-модифицированных полиолефиновых оболочек серии ОСПТ «RELINE» для снижения сил смерзания свайных фундаментов с сезонно промерзающими грунтами. Получено значение коэффициента для расчета касательных сил пучения при контакте сваи с цементно-песчаной смесью и грунтом. Показано, что применение свайных оболочек ОСПТ «RELINE» производства УЗПТ «МАЯК» снижает силы смерзания свай с модельными грунтами в 1,6 раза, а цементно-песчаными растворами в 2,3 – 3,3 раза по сравнению с металлической сваей без покрытий*

Ключевые слова: *фундамент, свая, морозное пучение, касательные напряжения, полиолефины, радиационная модификация, термоусаживание.*

Введение

Освоение Арктических месторождений нефти и газа сопровождается строительством объектов инфраструктуры: насосных станций, разветвлённой системой трубопроводов, различного рода емкостей, производственных, жилых и общественных зданий.

Главенствующей стадией, определяющей успешное строительство любого такого объекта, является выполнение работ нулевого цикла, ответственную часть которого составляет фундамент. В условиях широкого распространения сезоннопромерзающих грунтов, особенно в северных регионах, устройство фундаментов является сложной задачей, правильное решение которой возможно только с учетом процессов, происходящих в деятельном слое. Среди опасных процессов, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, в первую очередь, выделяют высокий уровень грунтовых вод и подверженность грунтов морозному пучению при сезонном промерзании. В этих условиях особую актуальность получают вопросы, связанные с обеспечением сохранности фундаментов зданий от проявления пучинистых свойств грунтов основания. В настоящее время для обеспечения несущей способности фундаментов таких сооружений в мерзлых грунтах чаще всего используются свайные конструкции в различном исполнении [1].

На процессы пучения при промерзании грунта было обращено внимание еще в XIX в. при строительстве железных дорог России. По словам инженера Л. Любимова, в то время до 95%

российских железных дорог было повреждено пучением. Проблема пучения актуальна и в настоящее время, особенно при строительстве легких (малонагруженных) сооружений, опор линий электропередач и т.д., а также в промышленном строительстве, в дачном строительстве и в сельском хозяйстве.

Силами морозного пучения называют силы воздействия пучащегося грунта на фундамент. Эти силы по направлению их к поверхности фундамента делят на касательные и нормальные. Под касательными силами понимают силы, направленные вдоль поверхности фундамента τ_{fh} (по боковой поверхности фундамента), под нормальными силами понимают силы, направленные перпендикулярно (нормально) поверхности фундамента (под подошвой фундамента).

В пределах глубины сезонного промерзания (оттаивания) основания d_{th}, грунт попеременно будет находиться в талом и мерзлом состоянии.

В зимний период грунт, окружающий фундамент или сваю, смерзается с боковой поверхностью и в результате пучения стремиться увлечь фундамент вверх. Если усилия, противодействующие силам морозного пучения (в мерзлых грунтах основная противодействующая сила – смерзание нижележащего грунта R_{af}) являются недостаточными, фундамент вместе с сооружением может подняться на некоторую высоту. Летняя осадка фундамента не компенсирует деформации пучения. Таким образом, год за годом деформации пучения накапливаются.

Сезонные процессы пучения и осадки грунтов, повторяющиеся из года в год, выпучивают (вымораживают) как опоры контактной сети, так и столбы или любые другие твердые тела из пучинистых грунтов сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев (*рис. 1*) [2,3,4].

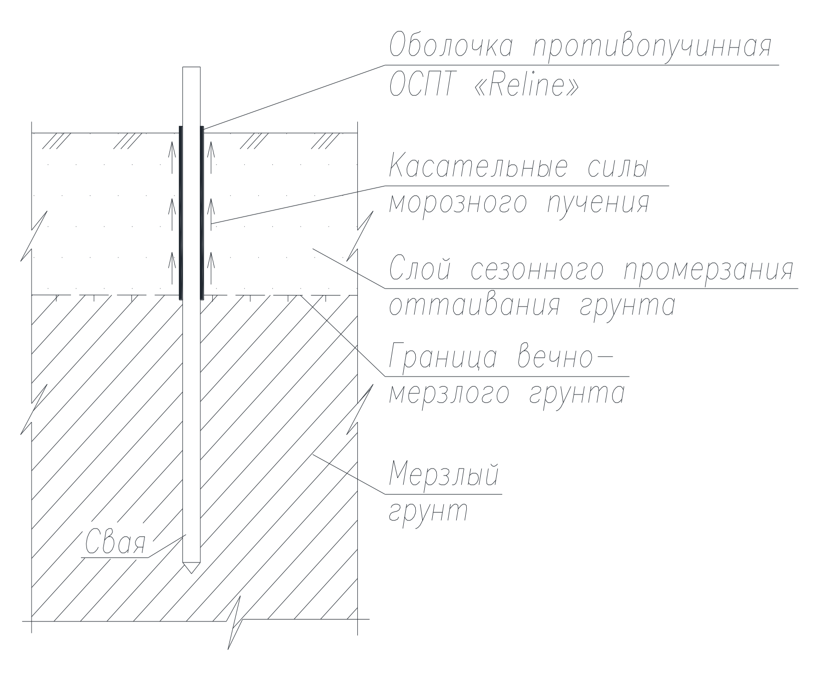


Рис.1 Выпучивание сваи

Существует множество способов и мероприятий по уменьшению и устранению вредного воздействия сил морозного пучения сезоннопромерзающих грунтов [5]. Применение полимерных покрытий [6], снижающих смерзание сваи и грунта в его верхнем (пучинистом) слое, является одним из возможных направлений, в первую очередь, в виду высоких барьерных характеристик и устойчивости таких покрытий к абразивному воздействию грунтов при сезонном промерзании – протаивании. Одним из перспективных материалов для такого рода покрытий являются радиационно-модифицированные полиолефины.

Радиационная обработка повышает эксплуатационные качества материалов [7]. Так, радиационная модификация полиэтилена, в частности, увеличивает его износостойкость в 35 раз, ударную прочность — более чем в 10 раз. Значительно возрастает предел прочности полиэтилена при растяжении, удлинение при разрыве, увеличивается также его химическая стойкость. Кроме улучшения эксплуатационных качеств покрытия, в процессе радиационной сшивки приобретается уникальное технологическое свойство «память» — способность после цикла термомеханической деформации (растяжение, сжатие, скручивание) возвращаться к первоначальным размерам и формам. Такое свойство облучённого материала позволяет существенно упростить технологию нанесения изготовленного из него покрытия и реализовать её, что особенно важно в условиях труднодоступных северных районов, в полевых условиях. Для определения эффективности применения таких материалов были проведены испытания образцов противопучинной термоусаживаемой оболочки серии ОСПТ «Reline» производства ЗАО «УЗПТ «Маяк». Работы проводились на базе сектора испытаний мерзлых грунтов.

Испытаниями, в соответствии с методикой [2], определялась длительная прочность на срез по поверхности смерзания грунта с материалом фундамента. Испытания проводились в приборе конструкции В.Ф. Ермакова (рис.2).

Сдвиговые поверхности пластин моделировали сваю, выполненную из горячекатаной стали марки 09Г2С (поверхность без шлифования). Материал покрытия – противопучинные оболочки серии ОСПТ «Reline» требуемой размерности были представлены производителем. Покрытие наносились на пластины в лабораторных условиях с помощью промышленного фена, в режиме, рекомендованном производителем. После установки пластины в корпус прибора его заполняют грунтом и устанавливают в холодильную камеру для замораживания грунта. Перед испытанием с корпуса прибора снимают накладки, закрывающие нижнюю и боковые прорези. Подготовленный прибор помещают под пресс и прикладывают нагрузку к верхнему торцу пластины.

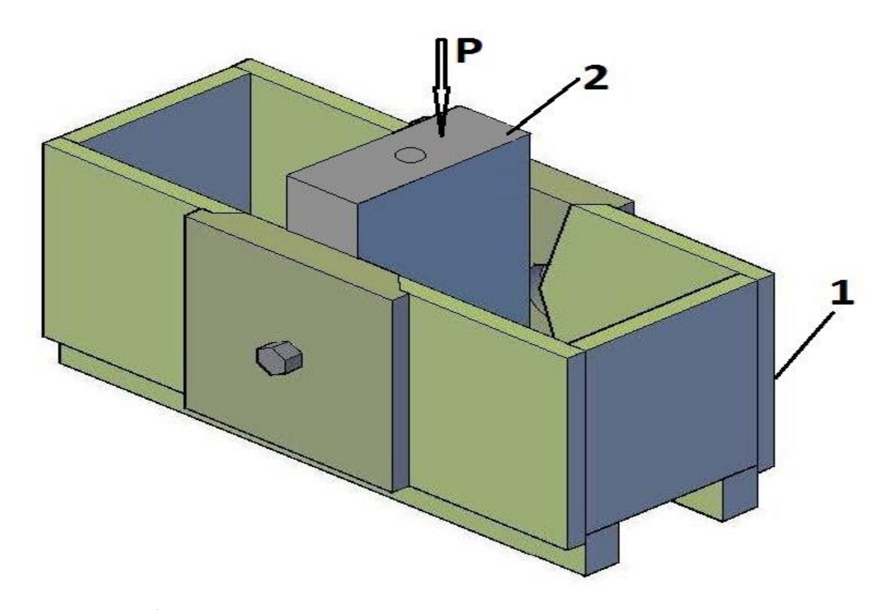


Рис.2 Прибор конструкции В.Ф.Ермакова для определения сопротивления срезу по поверхности смерзания с материалом фундамента (бетон, сталь, покрытия): 1 – корпус, 2 – пластина

При проведении испытаний на срез по поверхности смерзания в приборах конструкции В.Ф.Ермакова использовалась автоматическая система сбора данных. Эта система основана на применении электронных датчиков перемещения (точность 0,003 мм), автоматических цифровых преобразователях и компьютера, оснащенного программным комплексом. Комплекс использует алгоритмы слежения за экспериментом и сбора информации. Данная система позволяет уменьшить длительность опытов без потери точности определения прочностных характеристик мерзлых грунтов. Этот эффект достигается возможностью построения непрерывных кривых ползучести и реологических кривых в режиме реального времени и уменьшения погрешностей за счет изменения температуры (в течение всего опыта оператор заходит в холодильную камеру только для приложения нагрузки).

Испытания на срез по поверхности смерзания проводились при температурах минус 1 и минус 4°С, т.е. диапазон температур охватывал наиболее распространенные температурные условия в промерзающем грунте. После выдерживания приборов со смесью при температуре испытания, они выставлялись на испытательную установку, представляющую собой станину, которая позволяет, задавая нагрузку, продавливать свайку, смороженную с грунтом по боковым поверхностям. Нагружение производится равными ступенями таким образом, чтобы количество ступеней для испытания было не менее шести. Каждая ступень нагрузки выдерживается до условной стабилизации (не более 0,01 мм за 12 часов) деформации (каждая ступень длится 1 – 3 суток). Испытание завершается, когда деформирование развивается с увеличивающейся скоростью. Прочность смерзания определялась из графика “напряжение – деформация” в логарифмических координатах. Эффективность применения исследуемого покрытия для снижения касательных сил морозного пучения определялась по соотношению касательных сил пучения с покрытием и без него.

Полученные результаты для пучинистых грунтов, в целом, подтверждают результаты, полученные при натурных многолетних испытаниях свай в 1991 – 1995 гг. [7], в которых снижение касательной силы пучения составило 30 – 50 %.

В 2014-2015 годах противопучинные оболочки серии ОСПТ «Reline» прошли успешные натурные испытания на полигоне ООО «Газпром добыча Надым» - УКПГ-Н, месторождение Медвежье. Оболочку использовали в качестве противопучинного покрытия стальных свайных фундаментов. Результатами этих испытаний стали: получение понижающего коэффициента к значениям τ_{fh} и внесение указанной продукции в «Реестр технических условий конструкций, средств, изделий и материалов для строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов транспорта газа, соответствующих техническим требования ПАО «Газпром». Впоследствии, противопучинные оболочки серии ОСПТ «Reline» начали успешно применяться при строительстве малонагруженных свайных фундаментов с использованием стальных конструкций.

Успешное применение противопучинных оболочек серии ОСПТ «Reline» для стальных свай на объектах ПАО «Газпром» привлекло широкое внимание специалистов, занимающихся проектированием фундаментов. Специалистами ООО «Газпром проектирование» (филиал г.Санкт – Петербург), а также руководством компании ООО «Энергонефть РН» г.Нефтеюганск - было предложено расширить диапазон использования оболочек серии ОСПТ «Reline». Перед разработчиками и производителями встала новая задача – применить успешное техническое решение по борьбе с морозным пучением для железобетонных свай.

Решение по использованию противопучинных оболочек серии ОСПТ «Reline» для железобетонных свай также было реализовано [8], т.к. исключительные свойства оболочек позволяют их применять на различных поверхностях.

В настоящее время ведутся работы по внедрению и использованию противопучинной оболочки в качестве конструктивного элемента здания для последующего проектирования на основе собранных в единую базу объектов Информационного Моделирования Здания.

Технология Информационного Моделирования Здания уже сейчас показала возможность достижения высокой скорости, объема и качества строительства, а также значительную экономию бюджетных средств.

В основе «Информационного моделирования здания» лежит принцип объемного моделирования, который состоит из двух основополагающих частей:

- конструктивных элементов здания - «фундамента» - «стен» - «колон» - «лестницы» - «перекрытия» - «крыши» и т.д., которые в свою очередь формируются уже из «готовых конструктивных элементов» находящихся в библиотеке – Базе Данных любого программного продукта использующего принцип Информационного Моделирования Здания или формируемых специалистами новых форм и видов, которые автоматически размещаются в библиотеке проектировщика и проекта;

- объектов – из «готовых стандартов» - сваи, арматура, оборудование и другие элементы, которые хранятся в библиотеке любого из используемого программного продукта или

привязанного из общемирового библиотечного фонда в виде IFC[1] доступного формата передачи конструктивных элементов и объектов. Имеется возможность создать свой стандартный элемент, который автоматически будет включен в библиотеку проекта и общую базу проектной конторы. Этот элемент можно разместить во всемирной базе в IFC формате, для всеобщего использования.

Информационная модель существует в течение всего жизненного цикла здания, и даже дольше. Содержащаяся в ней информация может изменяться, дополняться, заменяться, отражая текущее состояние здания.

Информационная модель создаётся на весь жизненный цикл здания и дольше. Содержащаяся в ней информация может изменяться и дополняться, отражая текущее состояние здания.

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать следующие выводы:

1. Покрытие для свай в виде противопучинной оболочки серии ОСПТ «Reline» показало высокую эффективность в условиях применения бурозабивных и буроопускных (с заделкой пазух цементно-песчаным раствором) стальных свай. Для буроопускных свай, в зависимости от температуры грунта при сдвиге, прочность на срез по поверхности смерзания снижается в 2,3 – 3,3 раза по сравнению с металлической сваей без покрытий. Для бурозабивных свай прочность на срез по поверхности смерзания снижается в 1,6 раза по сравнению с металлической сваей без покрытий.

2. Большим преимуществом перед покрытиями других типов является стойкость материала к абразивному воздействию грунта и простота нанесения (устройства).

На основе и в продолжение уже выполненных работ по лабораторным и натурным испытаниям свай с противопучинными оболочками НИЦ «Строительство» разработал стандарт организации «Проектирование и устройство свайных фундаментов с противопучинной оболочкой ОСПТ «RELINE» [9]. Разработка СТО позволит проектировщикам рассчитывать свайные фундаменты с применением противопучинной оболочки ОСПТ «Reline» по оригинальной методике на документальной основе.

---

[1] 1-IFC - Industry Foundation Classes - нейтральный файловый формат, позволяющий обмениваться информацией между различными системами САПР и другими системами управления строительством.

Литература

1. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – Москва, 2012.

2. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – Москва, 2012.

3. Б. Н. Достовалов, В. А. Кудрявцев. Общее мерзлотоведение. — М.: Изд-во МГУ, 1967.

4. В. О. Орлов, Ю. Д. Дубнов, Н. Д. Меренков. Пучение промерзающих грунтов и его влияние на фундаменты сооружений. — Л.: Стройиздат, 1977.

5. Рекомендации по совершенствованию конструкций и норм проектирования искусственных сооружений, возводимых на пучинистых грунтах с учетом природных условий БАМа. Рекомендации / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1981.

6. Радиационная модификация полимерных материалов / Г.Н. Пьянков [и др.]. – Киев: Техника, 1969г.

7. Пат. RU89541U1 Российская Федерация, Противопучинная свая и покрытие для неё / Д.В. Алявдин, Н.А. Малюшин, опубл. 10.12.2009, бюл. № 34.

8. Пат. RU89541U1 Российская Федерация, Свая с противопучинной оболочкой/ Д.В. Алявдин, А.В. Кузьмин, опубл. 12.14.2017, бюл. № 11.

9. СТО 36554501-054-2017 «Проектирование и устройство свайных фундаментов с противопучинной оболочкой ОСПТ «RELINE»», АО «НИЦ «Строительство», 2017г.